

· 临床研究 ·

## 物理治疗脊柱侧弯特定运动对轻度青少年特发性脊柱侧凸的康复疗效

马偲铭<sup>1,2</sup>, 王连成<sup>1</sup>, 杜良波<sup>3</sup>, 董佳兴<sup>3</sup>, 王帅<sup>3</sup>, 张亚杰<sup>3</sup>, 苑子男<sup>3</sup>, 胡丽杰<sup>3</sup>

1. 天津医院康复科, 天津 300202; 2. 天津中医药大学研究生院, 天津 301617;

3. 天津体育学院社会体育与健康科学学院, 天津 301617

**摘要:** **目的** 观察物理治疗脊柱侧弯特定运动(PSSE)对轻度青少年特发性脊柱侧凸(AIS)的治疗效果。**方法** 回顾性分析2018年10月至2019年10月天津市天津医院康复科接受PSSE疗法干预的轻度AIS 44例患者的临床资料。分别对患者治疗前后的Cobb角、椎体旋转角度(ATR)、Nash-Moe椎体旋转度数、Oswestry功能障碍指数问卷表(ODI)进行评定,观察并分析治疗效果。**结果** 44例AIS患者经PSSE疗法治疗24周后,Cobb角度[(18.77±4.64)° vs (10.75±4.40)°,  $t=10.517$ ,  $P<0.01$ ]及ATR[(8.43±2.16)° vs (5.09±1.25)°,  $t=11.084$ ,  $P<0.01$ ]较治疗前均有显著改善;椎体旋转程度的Nash-Moe分级治疗后(0度18例, I度22例, II度4例, III度0例)较治疗前(0度0例, I度7例, II度33例, III度4例)显著降低( $Z=7.085$ ,  $P<0.01$ );ODI评分较治疗前显著下降[(39.82±4.80)分 vs (17.70±5.25)分,  $t=20.603$ ,  $P<0.01$ ]。**结论** PSSE可稳定并改善轻度AIS的进展,是轻度AIS患者更加科学化、合理化的治疗方法。

**关键词:** 脊柱侧凸, 特发性; 青少年; 物理治疗脊柱侧弯特定运动; 呼吸训练; 保守治疗; 椎体旋转角度

**中图分类号:** R682.3 R493 **文献标识码:** B **文章编号:** 1674-8182(2021)09-1240-05

### Rehabilitation effect of PSSE on mild adolescent idiopathic scoliosis

MA Si-ming\*, WANG Lian-cheng, DU Liang-bo, DONG Jia-xing, WANG Shuai, ZHANG Ya-jie, YUAN Zi-nan, HU Li-jie

\* Rehabilitation Department, Tianjin Hospital, Tianjin 300202, China

Corresponding author: WANG Lian-cheng, E-mail: cmoweb@126.com

**Abstract:** **Objective** To observe the therapeutic effect of physical therapy scoliosis-specific exercise (PSSE) on the mild adolescent idiopathic scoliosis (AIS). **Methods** A retrospective analysis was performed on the clinical data of 44 patients with mild AIS admitted to Rehabilitation Department of Tianjin Hospital for PSSE therapy from October 2018 to October 2019. Before and after treatment, Cobb angle, angle of trunk rotation (ATR), the degree of vertebral rotation (measured with Nash-Moe method) and Oswestry disability index (ODI) questionnaires were evaluated, and the therapeutic effects were observed and analyzed. **Results** After 24 weeks of PSSE treatment, Cobb angle [(18.77±4.64)° vs (10.75±4.40)°,  $t=10.517$ ,  $P<0.01$ ] and ATR [(8.43±2.16)° vs (5.09±1.25)°,  $t=11.084$ ,  $P<0.01$ ] were significantly improved compared with those before treatment. Compared with that before treatment (0 case of degree 0, 7 cases of degree I, 33 cases of degree II, and 4 cases of degree III), the Nash-Moe classification of vertebral rotation degree after treatment (18 cases of degree 0, 22 case of degree I, 4 cases of degree II, and 0 cases of degree III) was significantly decreased ( $Z=7.085$ ,  $P<0.01$ ). ODI score significantly decreased compared with that before treatment (39.82±4.80 vs 17.70±5.25,  $t=20.603$ ,  $P=0.01$ ). **Conclusion** PSSE can stabilize and improve mild AIS, and it's a more scientific and reasonable treatment method for mild AIS.

**Keywords:** Scoliosis, idiopathic; Adolescent; Physical therapy scoliosis-specific exercise; Breathing training; Conservative treatment; Angle of trunk rotation

**Fund program:** Scientific Research Project of Tianjin Health Committee (ZC20221)

DOI: 10.13429/j.cnki.cjcr.2021.09.020

基金项目: 天津市卫生健康委员会科研项目 (ZC20221)

通信作者: 王连成, E-mail: cmoweb@126.com

青少年特发性脊柱侧凸 (adolescent idiopathic scoliosis, AIS) 是指发病在青春期, 脊柱向一侧弯曲的同时伴有椎体的旋转, 身体矢状面的生理曲度发生变化的疾病<sup>[1]</sup>。AIS 的发病原因尚不十分明确, 目前认为与遗传、神经系统功能障碍、生长激素分泌异常、肌肉受力失衡等有关<sup>[2]</sup>。常见的危害除了影响体态美观、心肺功能及胃肠功能之外, 还会导致疼痛, 易引起患者自信受挫, 不利于心理健康<sup>[3-6]</sup>。防治 AIS 最关键的是早发现、早诊断、早治疗, 应在学校内推广脊柱侧凸相关知识, 定期进行脊柱侧凸的筛查。

2016年, 国际脊柱侧凸协会 (Scoliosis Research Society, SRS) 发布生长期脊柱侧凸的治疗方法, 主要包括手术治疗及非手术保守治疗<sup>[1]</sup>。物理治疗脊柱侧弯特定运动 (physical therapy scoliosis-specific exercise, PSSE) 和生长过程中特发性脊柱侧凸支具治疗均为 2016 年国际脊柱侧凸矫形和康复治疗学会 (Society on Scoliosis Orthopaedic and Rehabilitation Treatment, SOSORT) 认可的 AIS 患者的非手术治疗性干预措施。脊柱侧凸的早期诊疗能够预防继发病变的发生, 基于三维平面自我校正姿势稳定的 PSSE, 除了可减少 Cobb 角、调整背部不对称性之外, 还可以进一步改善继发性肌肉失衡、相关疼痛及呼吸功能<sup>[7]</sup>。本研究将 PSSE 疗法应用于轻度 AIS 患者, 通过评价治疗前后相关指标, 探讨其临床疗效。

## 1 资料与方法

1.1 一般资料 回顾性收集符合诊断标准的 2018 年 10 月至 2019 年 10 月于天津市天津医院康复科就诊的轻度 AIS 患者的临床资料, 包括出生日期、身高、体重、性别、初次就诊 Cobb 角、椎体旋转角度 (angle of trunk rotation, ATR)、Nash-Moe 椎体旋转度数、Oswestry 功能障碍指数问卷表 (Oswestry disability index, ODI) 等。

1.2 诊断、纳入和排除标准 (1) 诊断标准: 根据中华人民共和国 2015 年颁布国家标准《儿童青少年脊柱弯曲异常的筛查》拟定。(2) 纳入标准: ①符合 AIS 诊断标准; ②年龄为 10~15 岁; ③骨骼发育未成熟, Risser 征 0~IV 度; ④脊柱侧凸程度为轻度, 冠状面侧弯 Cobb 角<sup>[8]</sup>在 10°~25°之间; ⑤患者及家属签署《患者治疗知情同意书》, 自愿参加本次研究。(3) 排除标准: ①功能性脊柱侧凸及其他结构性脊柱侧凸; ②既往有脊柱侧凸手术史; ③佩戴支具治疗以及正接受其他方式治疗; ④不能按要求完成 PSSE 训练动作; ⑤合并严重心、肝、肾等系统疾病。每例患者 (青

少年) 和父母都被告知研究中使用的目的和锻炼方法。要求所有父母签署知情同意书, 同意子女参加研究。本研究已经通过天津市天津医院伦理委员会审查 (审批号 2020 医伦审 117)。

1.3 脊柱侧凸康复矫正训练 AIS 患者按照 Rigo 系统<sup>[9]</sup>分型并经体态学、影像学<sup>[10]</sup>及功能评估后, 实施基于 PSSE 中的德国-施罗斯疗法 (the Schroth method) 及西班牙-巴塞罗那脊柱侧弯物理治疗学校 (Barcelona Scoliosis Physical Therapy School, BSPTS) 训练, 并结合本院临床实际制定的干预措施, 主要包括: 脊柱矫正体操训练、日常家庭辅助核心训练<sup>[11]</sup>。

1.3.1 脊柱矫正体操训练 以 Rigo 分型系统中三弧胸椎右侧弯、腰椎左侧弯的患者为例, 康复训练动作如下。(1) 动作一: 患者处于膝胸卧位, 大腿垂直于地面, 骨盆与大腿形成锐角, 髋部向后, 躯干前移, 双臂呈 V 字形伸展, 锁骨靠近地面, 处于深度滑行姿势。治疗师将矫形垫垫于患者的双肘部, 使躯干处于倾斜位, 头部反旋, 并用拇指在脊柱旁旋转施压, 使胸腔凹侧向外、向后扩张, 凹侧肩前移。(2) 动作二: 患者侧卧在胸凹侧, 矫正垫垫于髋或腰隆突处, 下膝屈曲, 上腿伸直及外旋, 上躯干微微前倾以上提骨盆, 伸直凹侧手臂, 扩展胸腔, 治疗师跪在患者背后, 一手将前面肋隆突拉向后侧, 另一手将肩部推前, 使其平衡。(3) 动作三: 在地上放一矫形垫, 患者屈膝跪下, 坐于足跟上, 膝与髋同宽。将胸凹侧的手放在同侧的膝旁, 距离身体约双膝的距离, 肘部伸直。将胸凸侧的手放在同侧的肩上, 作肩部伸拉。治疗师位于患者身后, 一手置于患者胸凹侧手肘部, 另一手置于胸凸侧肩胛骨内缘施加阻力。以上三个动作训练过程中, 吸气时患者头部一骨盆呈延伸状态、主动牵引脊柱, 呼气时患者缩唇呼吸, 治疗师提供被动—主动抗阻力手段辅助训练。每个动作吸气 5 s, 呼气 10 s, 休息 5 s, 9 个为 1 组, 每个动作做 10 组, 每次训练时间为 60 min, 每周 2 次, 坚持 24 周。

1.3.2 日常家庭辅助核心训练 日常家庭辅助核心训练以配合呼吸功能训练<sup>[12]</sup>为主, 具体动作要领如下。(1) 臀桥练习: 嘱患者仰卧于瑜伽垫上, 双腿屈膝, 双脚间距略大于肩宽, 略向两侧分开。双臂向两侧分开放在地面上; 吸气 5 s, 将气体吸进胸腔, 随后口唇缩成吹口哨状, 缓慢呼气 10 s, 同时臀部向上发力, 以肩和上背为一个支点, 双脚为另一个支点, 将臀部向上顶起, 中下背和大腿也向上抬起, 直到整个躯干从肩部到膝盖基本处在一条直线上, 并与小腿大致垂直, 整个过程中双脚、肩和上背、双臂均保持静止,

小腿也不可主动移动;最后臀部用力,缓慢而有控制地还原。(2)“小燕飞”练习:嘱患者俯卧位,脸部朝下;吸气5 s,将气体吸进胸腔,随后口唇缩成吹口哨状,缓慢呼气,呼气10 s,同时双臂以肩关节为支撑点,轻轻抬起,手臂向上的同时轻轻抬头,双肩向后向上收起,双脚轻轻抬起,腰骶部肌肉收缩,尽量让肋骨和腹部支撑身体,然后放松肌肉,四肢和头部回归原位。(3)俯卧位“四点支撑”练习:患者双手撑地,前脚掌着地,身体与大腿夹角呈90°,膝关节夹角呈90°;吸气5 s,缓慢呼气10 s,同时单侧膝盖、对侧手臂伸直并悬空,保持腹部收紧及背部平直;然后放松,回归原位。以上动作,每个动作做10组,每组4个,每次训练30 min,每周1次,治疗师通过在线视频远程指导,坚持24周。

#### 1.4 PSSE 康复效果评定

1.4.1 Cobb 角的测量 PSSE 治疗前及治疗24周后,由1名康复科医师及1名康复治疗师同时测量患者的Cobb角,在站立位脊柱全长正位X线片上进行测量,分别定位上下端椎,沿上端椎的上终板、下端椎的下终板作两条直线,测量两直线夹角或两直线垂线的夹角,该角度即为Cobb角<sup>[13]</sup>,取两者的平均值作为每次的测量值,测量结果四舍五入,取整数。

1.4.2 ATR 的测量 PSSE 治疗前及治疗24周后,由康复治疗师测量AIS患者的ATR<sup>[14]</sup>。要求患者站立,双脚分开与肩部同宽,腰部向前弯曲;双手掌心贴和,肘伸直。治疗师将脊柱侧弯水平角度尺的凹槽垂直放置于体表第7颈椎棘突的位置,设备两侧接触棘突两侧的背部放在畸形处,不要用力向下按压,匀速平滑的向骶椎滑动,视线与脊柱测量尺水平,读出度数,测量两次取整数。

1.4.3 Nash-Moe 分级法对椎体旋转程度进行评估 通过在脊柱正位X线片,根据椎弓根在旋转过程中所处的象限位置和椎弓根形态,将椎体旋转程度分为五度。0度:双侧椎弓根对称,均位于第1象限,记为0;I度:凸侧椎弓根移向中线,但仍在第1象限内,凹侧椎弓根移向椎体边缘,变小,但仍可看见;II度:凸侧椎弓根移到第2象限内,凹侧椎弓根已消失;III度:凸侧椎弓根移到第3象限内,凹侧椎弓根消失;IV度:凸侧椎弓根超过中线,进入凹侧<sup>[15]</sup>。由康复治疗师根据AIS患者PSSE治疗24周前后的脊柱正位X线片结果,确定Nash-Moe分级评估。

1.4.4 ODI 问卷表评价 ODI 问卷表是由10个问题组成,包括疼痛的强度、生活自理、提物、步行、坐位、站立、睡眠、性生活、社会生活、旅游10个方面的情

况,每个问题6个选项,每题0~5分,得分越高表明功能障碍越严重<sup>[16]</sup>。AIS患者需在PSSE治疗前和治疗24周后分别填写ODI问卷表。

1.5 统计学处理 对统计的数据运用SPSS 26.0软件进行处理。进行正态检验和方差齐性检验,符合正态分布且方差齐的计量资料以 $\bar{x} \pm s$ 表达,治疗前后的比较选用配对样本 $t$ 检验;等级资料治疗前后的比较采用配对秩和检验。 $P < 0.05$ 为差异有统计学意义。

## 2 结果

2.1 AIS 患者的一般临床资料 按照纳入标准及排除标准的筛选,最终共有44例AIS患者入选本研究,其中女性33例,男性11例;年龄 $(12.95 \pm 1.58)$ 岁;身高 $(158.64 \pm 11.61)$ cm;体重 $(48.17 \pm 13.0)$ kg。根据Rigo系统分型,其中3C型17例,4C型19例,N3N4型8例。

2.2 AIS 患者 PSSE 治疗前后评价指标 44例AIS患者经PSSE疗法治疗24周后,Cobb角度 $[(18.77 \pm 4.64)^\circ \text{ vs } (10.75 \pm 4.40)^\circ, t = 10.517, P < 0.01]$ 及ATR $[(8.43 \pm 2.16)^\circ \text{ vs } (5.09 \pm 1.25)^\circ, t = 11.084, P < 0.01]$ 较治疗前均有显著改善;椎体旋转程度的Nash-Moe分级较治疗前降低 $(Z = 7.085, P < 0.01)$ ;ODI评分较治疗前显著下降 $[(39.82 \pm 4.80) \text{ 分 vs } (17.70 \pm 5.25) \text{ 分}, t = 20.603, P < 0.01]$ 。见表1。

表1 PSSE 治疗前后各评价指标比较 ( $n = 44, \bar{x} \pm s$ )

时间	Cobb角(°)	ATR(°)	Nash-Moe 椎体 旋转度(例)				ODI 指数
			0	I	II	III	
治疗前	18.77±4.64	8.43±2.16	0	7	33	4	39.82±4.80
治疗后	10.75±4.40	5.09±1.25	18	22	4	0	17.70±5.25
$t/Z$ 值	10.517	11.084	7.085				20.603
$P$ 值	<0.01	<0.01	<0.01				<0.01

## 3 讨论

AIS 发病年龄在8~16岁左右,是特发性脊柱侧凸中最常见的类型,占有脊柱侧凸病例的80%<sup>[17]</sup>,总体患病率在0.35%至5.2%之间变化,根据经济发展程度各地区略有差异,发病的患者中女性略多于男性,男女比例为1:9<sup>[18]</sup>。常见的诱发因素包括生长发育不良<sup>[19]</sup>、环境及生活姿势的不当<sup>[20]</sup>、高爆发体育活动<sup>[21]</sup>等。脊柱侧弯会导致患者体态发生改变,在脊柱凸侧及凹侧都会发现竖脊肌的改变及体内脂肪的沉积失衡<sup>[22]</sup>。这是由于脊柱的失衡及侧弯牵拉肌肉引起的压力,因此在顶椎的水平处观察到的肌肉

是最发达的,同时侧弯的凹侧面肌肉因为萎缩而显得凹陷,这种差异是直立脊柱肌肉上的不对称压力造成的。

根据2016年SRS对于此时期AIS患者的治疗标准<sup>[1]</sup>:(1)Cobb角 $<15^\circ$ ,观察(每3个月复诊1次);(2)Cobb角在 $15^\circ \sim 25^\circ$ 之间,体操矫形康复训练;(3)Cobb角在 $25^\circ \sim 45^\circ$ 之间,体操矫形康复训练+支具矫形(每天16~22 h)。AIS的进展与患者的骨骼成熟度及发育程度密切相关<sup>[23]</sup>。青春期是最重要的一个高峰生长期,骨骼生长迅速脊柱侧弯的进展速度变化风险最高<sup>[24]</sup>,可在短时间内迅速恶化(一般1年弯曲度会增加 $5^\circ \sim 10^\circ$ )<sup>[25-26]</sup>,因此对侧弯风险进行评估很重要。

在所有PSSE方法中,Schroth方法是脊柱侧弯研究最多,是使用最广泛的特定锻炼方法<sup>[27-28]</sup>。本研究根据青少年生长发育的实际情况,结合本院所掌握的PSSE技术,综合的将德国Schroth疗法与西班牙BSPTS疗法相结合,这在国内较为少见。通过对AIS患者进行康复治疗及家庭锻炼,推崇的是在骨盆矫正的基础上,使骨盆与躯干最佳对齐,患者个体自我矫正将躯干及脊柱延长,配合旋转呼吸延长扩大胸腔的凹度,通过特定的肌肉激活改善矫正效果,改善ATR、Cobb角及椎体旋转度数,在纠正“脊柱侧弯姿势”的同时,改善背部美学,稳定脊柱并阻止侧弯的进展,改善患者肺活量及呼吸功能。

ODI问卷表评价中,疼痛的评分下降最为明显,对于日常生活能力、运动功能、睡眠的影响较小<sup>[29]</sup>,青少年处于学习、成长的黄金时期,学业繁忙,课时紧张,经常处于久坐或者久站的状态下,这对他们的脊柱发展其实是十分不利的,提示在AIS的治疗中,对疼痛的干预及调整十分有必要。而且患者年龄较小,在治疗前首次填写ODI量表时,对于脊柱侧弯疾病及功能障碍影响尚处于懵懂状态,在经过24周PSSE的治疗后,患者及家属通过咨询医生、治疗师,大量查阅网上相关资料,对脊柱侧弯有了初步的认识,在复诊填写量表评价时更加认真,对于量表内容理解也相对完善。

本研究中尚且存在着不足,随着家长对孩子脊柱健康的关注程度及经济水平的发展,患者在诊断患有AIS之后,家长及患者均要求接受康复治疗,因此本研究未设置对照组,无法体现出PSSE对于延缓AIS进展风险的治疗效果。此外,家庭辅助训练虽然在康复治疗师的视频监督下指导并完成,但治疗效果与门诊治疗相比稍逊色,无法充分发挥PSSE的治疗

优势。

对于AIS患者来说,脊柱的畸形可能会导致呼吸功能受损<sup>[30-31]</sup>。从过往的临床经验来看,PSSE可以运用在AIS发展的第二阶段,即超过生长高峰的1年后,延缓脊柱侧凸的进展或恶化,用于暂时地稳定处于进展风险中的脊柱侧弯曲线<sup>[32-34]</sup>。本研究中,PSSE被证实可稳定并改善轻度AIS的进展,可为轻度AIS患者在治疗上提供更加科学化、合理化的方法。与保守治疗中“观察随访”相比,PSSE更适用于有治疗需求及依从性较高的患者,是临床上针对轻度AIS患者的有效治疗手段。

#### 参考文献

- [1] Negrini S, Donzelli S, Aulisa AG, et al. 2016 SOSORT guidelines: orthopaedic and rehabilitation treatment of idiopathic scoliosis during growth[J]. *Scoliosis Spinal Disord*, 2018, 13(1):3.
- [2] Latalski M, Danielewicz-Bromberek A, Fatyga M, et al. Current insights into the aetiology of adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Arch Orthop Trauma Surg*, 2017, 137(10):1327-1333.
- [3] Gallant JN, Morgan CD, Stoklosa JB, et al. Psychosocial difficulties in adolescent idiopathic scoliosis: body image, eating behaviors, and mood disorders[J]. *World Neurosurg*, 2018, 116:421-432.
- [4] Korovessis P, Filos KS, Georgopoulos D. Long-term alterations of respiratory function in adolescents wearing a brace for idiopathic scoliosis[J]. *Spine*, 1996, 21(17):1979-1984.
- [5] Leal-Hernández M, Martínez-Monje F, Pérez-Valencia M, et al. Analysis of the quality of life in patients affected by scoliosis[J]. *Emergen*, 2018, 44(4):227-233.
- [6] Lee H, Choi J, Hwang JH, et al. Health-related quality of life of adolescents conservatively treated for idiopathic scoliosis in Korea: a cross-sectional study[J]. *Scoliosis Spinal Disord*, 2016, 11:11.
- [7] Day JM, Fletcher J, Coghlan M, et al. Review of scoliosis-specific exercise methods used to correct adolescent idiopathic scoliosis[J]. *Arch Physiother*, 2019, 9:8.
- [8] 任晓静, 颜丽笙. 3种方法测量脊柱侧弯Cobb角的临床应用比较[J]. *福建医药杂志*, 2013, 35(6):121-122.
- [9] Rigo M, Jelačić M. Brace technology thematic series: the 3D Rigo Chêneau-type brace[J]. *Scoliosis Spinal Disord*, 2017, 12:10.
- [10] 王谦, 雷中杰, 马宗浩, 等. 青少年特发性脊柱侧凸影像学评估研究进展[J]. *中国康复理论与实践*, 2017, 23(11):1304-1307.
- [11] Ko KJ, Kang SJ. Effects of 12-week core stabilization exercise on the Cobb angle and lumbar muscle strength of adolescents with idiopathic scoliosis[J]. *J Exerc Rehabil*, 2017, 13(2):244-249.
- [12] Xavier VB, Avanzi O, de Carvalho BDMC, et al. Combined aerobic and resistance training improves respiratory and exercise outcomes more than aerobic training in adolescents with idiopathic scoliosis: a randomised trial[J]. *J Physiother*, 2020, 66(1):33-38.
- [13] Puthezhath K. Expressing Cobb angle as linear measurement in scoliosis and its significance: a clinical and geometrical analysis of scoliosis

- sis[J]. Korean J Spine, 2017, 14(4): 139-142.
- [14] Côté P, Kreitz BG, Cassidy JD, et al. A study of the diagnostic accuracy and reliability of the Scoliometer and Adam's forward bend test [J]. Spine (Phila Pa 1976), 1998, 23(7): 796-802.
- [15] Kim H, Kim HS, Moon ES, et al. Scoliosis imaging: what radiologists should know—erratum[J]. RadioGraphics, 2015, 35(4): 1316.
- [16] Saltychev M, Mattie R, McCormick Z, et al. Psychometric properties of the Oswestry disability index[J]. Int J Rehabil Res, 2017, 40(3): 202-208.
- [17] Konieczny MR, Senyurt H, Krauspe R. Epidemiology of adolescent idiopathic scoliosis[J]. J Child Orthop, 2013, 7(1): 3-9.
- [18] Hengwei F, Zifang H, Qifei W, et al. Prevalence of idiopathic scoliosis in Chinese schoolchildren: a large, population-based study [J]. Spine (Phila Pa 1976), 2016, 41(3): 259-264.
- [19] Acaroglu E, Akel I, Alanay A, et al. Comparison of the melatonin and calmodulin in paravertebral muscle and platelets of patients with or without adolescent idiopathic scoliosis [J]. Spine, 2009, 34(18): E659-E663.
- [20] Sedrez JA, da Rosa MI, Noll M, et al. Risk factors associated with structural postural changes in the spinal column of children and adolescents[J]. Rev Paul Pediatr, 2015, 33(1): 72-81.
- [21] Longworth B, Fary R, Hopper D. Prevalence and predictors of adolescent idiopathic scoliosis in adolescent ballet dancers[J]. Arch Phys Med Rehabil, 2014, 95(9): 1725-1730.
- [22] Jiang J, Meng Y, Jin X, et al. Volumetric and fatty infiltration imbalance of deep paravertebral muscles in adolescent idiopathic scoliosis [J]. Med Sci Monit, 2017, 23: 2089-2095.
- [23] Sanders JO, Browne RH, McConnell SJ, et al. Maturity assessment and curve progression in girls with idiopathic scoliosis[J]. J Bone Joint Surg Am, 2007, 89(1): 64-73.
- [24] Grivas TB, Vasiliadis E, Mouzakis V, et al. Association between adolescent idiopathic scoliosis prevalence and age at menarche in different geographic latitudes[J]. Scoliosis, 2006, 1: 9.
- [25] Shi B, Mao S, Xu L, et al. Integrated multidimensional maturity assessments predicting the high-risk occurrence of peak angle velocity during puberty in progressive female idiopathic scoliosis [J]. Clin Spine Surg, 2017, 30(4): E491-E496.
- [26] 陈梦婕, 罗义, 马琪超, 等. 青少年特发性脊柱侧弯的冠状位平衡与足底压力的相关性[J]. 中华全科医学, 2020, 18(4): 542-546.
- [27] Steffan K. Physical therapy for idiopathic scoliosis [J]. Orthopade, 2015, 44(11): 852-858.
- [28] Moramarco K, Borysov M. A modern historical perspective of Schroth scoliosis rehabilitation and corrective bracing techniques for idiopathic scoliosis[J]. Open Orthop J, 2017, 11: 1452-1465.
- [29] Blevins K, Battenberg A, Beck A. Management of scoliosis [J]. Adv Pediatr, 2018, 65(1): 249-266.
- [30] 郝冉, 吴志宏, 韩江娜. 脊柱侧弯对呼吸功能的影响[J]. 中国医学科学院学报, 2011, 33(1): 102-106.
- [31] 张伟, 郑旭, 顾小萍, 等. 术前单次剂量氨甲环酸对青少年特发性脊柱侧弯后路矫形术围术期出血的影响[J]. 中国临床研究, 2016, 29(12): 1633-1635.
- [32] Ceballos Laita L, Tejedor Cubillo C, Mingo Gómez T, et al. Effects of corrective, therapeutic exercise techniques on adolescent idiopathic scoliosis. A systematic review[J]. Arch Argent De Pediatr, 2018, 116(4): e582-e589.
- [33] Zapata KA, Sucato DJ, Jo CH. Physical therapy scoliosis-specific exercises may reduce curve progression in mild adolescent idiopathic scoliosis curves [J]. Pediatr Phys Ther, 2019, 31(3): 280-285.
- [34] Ng SY, Nan XF, Lee SG, et al. The role of correction in the conservative treatment of adolescent idiopathic scoliosis [J]. Open Orthop J, 2017, 11: 1548-1557.

收稿日期: 2021-01-31 修回日期: 2021-03-20 编辑: 石嘉莹